

T S5/5/1

5/5/1

DIALOG(R)File 351:Derwent WPI

(c) 2004 Thomson Derwent. All rts. reserv.

012091740 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 1998-508651/199844

XRPX Acc No: N98-396661

**Catadioptric optical system for ultra violet exposure apparatus - has first lens system to form intermediate image of first plane and second lens group which forms refocused image of intermediate image onto second plane**

Patent Assignee: NIKON CORP (NIKR )

Inventor: TAKAHASHI T

Number of Countries: 027 Number of Patents: 006

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
EP 869383	A2	19981007	EP 98105955	A	19980401	199844 B
JP 10284365	A	19981023	JP 9783151	A	19970401	199902
JP 11109244	A	19990423	JP 97290357	A	19971006	199927
US 5969882	A	19991019	US 9852481	A	19980331	199950
EP 869383	B1	20020724	EP 98105955	A	19980401	200256
DE 69806667	E	20020829	DE 606667	A	19980401	200264
			EP 98105955	A	19980401	

Priority Applications (No Type Date): JP 97290357 A 19971006; JP 9783151 A 19970401

Patent Details:

Patent No Kind Lan Pg Main IPC Filing Notes

EP 869383 A2 E 44 G02B-017/08

Designated States (Regional): AL AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LT LU LV MC MK NL PT RO SE SI

JP 10284365 A 9 H01L-021/027

JP 11109244 A 13 G02B-017/08

US 5969882 A G02B-017/08

EP 869383 B1 E G02B-017/08

Designated States (Regional): DE

DE 69806667 E G02B-017/08 Based on patent EP 869383

Abstract (Basic): EP 869383 A

The catadioptric optical system includes a first focusing lens system which includes a concave mirror to form an intermediate image of a first plane. A second focusing lens system includes an aperture stop to form a refocused image of the intermediate image onto a second plane. A reflecting surface guides a light flux from the first focusing lens system to the second focusing lens system.

At least one lens surface satisfies the condition:  $h/\phi < 0.85$  (1), and at least one of lens surfaces satisfy the condition:  $0.85 < h/\phi < 1.2$  (2), where  $h$  is a height at the lens surface of a light beam emits from an intersection of an optical axis of the first plane and passing through the lens surfaces with a maximum numerical aperture, and  $\phi$  is a radius of a diaphragm of the aperture stop. At least one of the lens surfaces that satisfy the condition (1) and at least one of the lens surfaces that satisfy the condition (2) are aspheric.

ADVANTAGE - Reduces size of catadioptric system and number of lenses while maintaining high image quality.

Dwg.1/17

Title Terms: CATADIOPTIC; OPTICAL; SYSTEM; ULTRA; VIOLET; EXPOSE;

APPARATUS; FIRST; LENS; SYSTEM; FORM; INTERMEDIATE; IMAGE; FIRST; PLANE;

SECOND; LENS; GROUP; FORM; IMAGE; INTERMEDIATE; IMAGE; SECOND; PLANE  
Derwent Class: P81; P84; U11  
International Patent Class (Main): G02B-017/08; H01L-021/027  
International Patent Class (Additional): G02B-013/18; G03F-007/20  
File Segment: EPI; EngPI  
?

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-109244

(43) 公開日 平成11年(1999) 4月23日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
G 0 2 B 17/08  
13/18  
H 0 1 L 21/027

識別記号

F I  
G 0 2 B 17/08 A  
13/18  
H 0 1 L 21/30 5 1 5 D

審査請求 未請求 請求項の数3 F D (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平9-290357

(22) 出願日 平成9年(1997)10月6日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 高橋 友刀

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

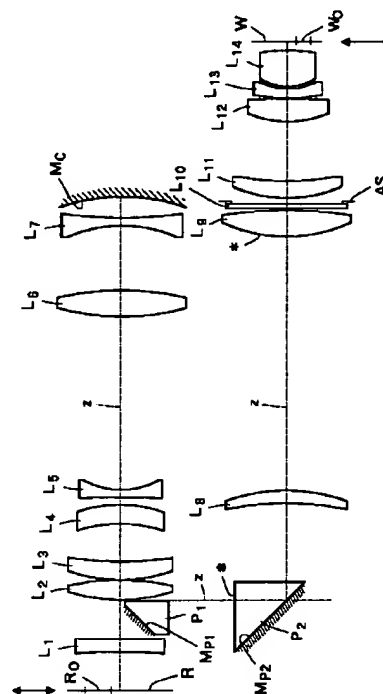
(74) 代理人 弁理士 猪熊 克彦

(54) 【発明の名称】 反射屈折光学系

(57) 【要約】

【課題】良好な結像性能を維持しながら光学系の小型化とレンズ枚数の削減を実現することができる反射屈折光学系を提供する。

【解決手段】凹面鏡 $M_c$ を含む第1結像光学系Aによって第1面Rの中間像を形成し、開口絞りASを含む第2結像光学系Bによって中間像の再結像を第2面W上に形成し、第1結像光学系Aからの光束を第2結像光学系Bへ導くように反射面 $M_{P1}$ を設けた反射屈折光学系において、第1面R上の光軸z上の点から発すると仮定した最大開口数の光線が各光学面を通過する高さをhとし、開口絞りASの絞り半径を $\phi$ としたとき、 $h/\phi < 0.85$ となる光学面のうちの少なくとも1つの光学面と、 $0.85 < h/\phi < 1.2$ となる光学面のうちの少なくとも1つの光学面と、をそれぞれ非球面に形成した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】凹面鏡を含む第1結像光学系によって第1面の中間像を形成し、開口絞りを含む第2結像光学系によって前記中間像の再結像を第2面上に形成し、前記第1結像光学系からの光束を前記第2結像光学系へ導くように反射面を設けた反射屈折光学系において、前記第1面上の光軸上の点から発すると仮定した最大開口数の光線が各光学面を通過する高さを $h$ とし、前記開口絞りの絞り半径を $\phi$ としたとき、

$$h/\phi < 0.85 \quad \dots (1)$$

となる光学面のうちの少なくとも1つの光学面と、

$$0.85 < h/\phi < 1.2 \quad \dots (2)$$

となる光学面のうちの少なくとも1つの光学面と、をそれぞれ非球面に形成したことを特徴とする反射屈折光学系。

【請求項2】前記反射面と前記凹面鏡との間に、該凹面鏡に至る往路の光束と凹面鏡からの復路の光束が共に透過する1又は複数枚のレンズが配置されていることを特徴とする、請求項1記載の反射屈折光学系。

【請求項3】前記反射面と開口絞りとの間に第2の反射面を設けて、前記第1面上での光軸と第2面上での光軸とが平行となるように形成した、請求項1又は2記載の反射屈折光学系。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は主として半導体の製造に用いられるステッパーなどの縮小露光装置の光学系に関し、特に光学系に反射屈折光学系を用いることにより、紫外線波長域でのサブミクロン単位の分解能を有する $1/4 \times \sim 1/5 \times$ の走査型反射屈折縮小光学系に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、半導体の回路パターンはますます微細化しており、このパターンを焼き付ける露光装置にはより解像力の高いものが要求されてきている。この要求を満足するためには、光源の波長を短波長化しかつNA（光学系の開口数）を大きくしなければならない。しかしながら、波長が短くなると光の吸収のため実用に耐える光学ガラスが限られてくる。波長が300nm以下となると、実用上使える硝材は合成石英と蛍石だけとなる。しかるに合成石英と蛍石のAッペ数は、色収差を補正するのに十分なほどは離れていない。したがって波長が300nm以下の場合には、屈折光学系だけで投影光学系を構成したのでは色収差補正が極めて困難となる。また蛍石は温度変化による屈折率の変化、いわゆる温度特性が悪く、またレンズ研磨の加工上多くの問題を持っているので、多くの部分に使用することはできない。したがって必要な解像力を有する投影光学系を屈折系のみで構成することは非常に難しいものとなる。

【0003】これに対して、反射系のみで投影光学系を

構成することも試みられているが、この場合、投影光学系が大型化し、かつ反射面の非球面化が必要となる。しかるに高精度の非球面は製作の面で極めて困難である。そこで反射系と使用波長に使える光学ガラスからなる屈折系とを組み合わせたいいわゆる反射屈折光学系によって、縮小投影光学系を構成する技術が色々提案されている。その中で、光学系の途中で1回以上の中間結像を行うタイプは、これまで種々のものが提案されているが、中間像を1回だけ結像するものに限定すると、特公平5-25170、特開昭63-163319、特開平4-234722、USP-4,779,966に開示された技術が挙げられる。

【0004】上記従来技術の中で、凹面ミラーを1枚だけ使用しているものは、特開平4-234722とUSP-4,779,966に開示された光学系である。これらの光学系は、凹面ミラーで構成される往復兼用光学系において、凹レンズのみが採用されており、凸のパワーの光学系が使われていない。そのため、光束が広がって凹面ミラーに入射するため、凹面ミラーの径が大きくなりがちであった。また特に特開平4-234722に開示された往復兼用光学系は完全対称型であり、この光学系での収差発生を極力抑えて後続の屈折光学系の収差補正負担を軽くしているが、対称光学系を採用しているため、第1面付近でのワーキングディスタンスがとりにくく、またハーフプリズムを使用しなければならなかった。またUSP-4,779,966に開示された光学系では、中間像よりも後方の2次結像光学系にミラーを使用している。したがって光学系の必要な明るさを確保するためには、光束が広がって凹面ミラーに入射することになり、ミラーの小型化が困難なものであった。

【0005】また複数のミラーを使用するものでは、屈折光学系のレンズ枚数を削減できる可能性があるが、これらのタイプでは以下の問題があった。すなわち、最近、焦点深度を稼ぎながら解像力を上げるため、マスクの選択部分の位相をずらす位相シフト法が考え出されているが、さらに、効果を上げるために、照明光学系のNAと結像光学系のNAの比 $\sigma$ を可変にすることが行われる。このとき照明光学系には開口絞りを設置することができるが、前記に挙げた反射屈折光学系を対物レンズとする場合は、有効な絞り設置部分がどこにも採れないことになる。

【0006】さらにこのような配置の往復光学系を縮小側の第2面側に採用するタイプの反射屈折光学系では、縮小倍率の関係から反射ミラーで反射した後ウエハまでの距離が長く採れないため、この光路中に挿入される対物レンズのレンズ枚数がそう多く採れず、そのため得られる光学系の明るさは限られたものとならざるを得なかった。たとえ高NAの光学系が実現できても、限られた長さに多くの光学部材が挿入されるため、ウエハと対物レンズの端面との距離、いわゆるワーキングディスタン

スWDが長く採れない光学系となっていた。またこのような従来の反射屈折光学系においては、光路の光軸を必ず途中で偏心させる必要があり、そのいわゆる偏心光学系の偏心部分の調整作業が困難で、なかなか高精度の系を実現することができなかった。

【0007】そこで本出願人は、第1結像光学系によって第1面の中間像を形成し、第2結像光学系によって中間像の再結像を第2面上に形成し、第1結像光学系からの光束を第2結像光学系へ導くように反射面を設け、第1結像光学系を、凹面鏡と該凹面鏡への入射光と反射光との双方が透過するレンズ群とからなる往復光学系を有するように形成した2回結像光学系を提案した。この2回結像光学系によれば、凹面鏡の径を縮小させることができ、位相シフト法のための照明光学系のNAと結像光学系のNAの比 $\sigma$ を可変にすることができるように、有効な絞り設置部分を採用することができ、さらに光学系の明るさを十分とりながら、なおウエハと対物レンズの端面との距離、いわゆるワーキングディスタンスWDを長く採ることができる光学系を実現することができる。またいわゆる偏心光学系の偏心部分の調整作業が容易で、高精度の光学系を実現するものである。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】以上に述べたように、この2回結像光学系は優れた点が多いが、良好な結像性能を達成しようとする、光学系が大型化するおそれがある。すなわち光学系の配置が対称形から外れているので、どうしても歪曲収差が発生するおそれがあり、特に高次数の歪曲収差は、屈折レンズの曲率や面間隔のみでは補正が不可能であり、系を大型化せざるを得ないことになりかねない。したがって本発明は、良好な結像性能を維持しながら光学系の小型化とレンズ枚数の削減を実現することができる反射屈折光学系を提供することを課題とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、すなわち、凹面鏡を含む第1結像光学系によって第1面（物体面）の中間像を形成し、開口絞りを含む第2結像光学系によって中間像の再結像を第2面（像面）上に形成し、第1結像光学系からの光束を第2結像光学系へ導くように反射面を設けた反射屈折光学系において、第1面上の光軸上の点から発すると仮定した最大開口数の光線が各光学面を通過する高さを $h$ とし、開口絞りの絞り半径を $\phi$ としたとき、 $h/\phi < 0.85$  ……(1)

となる光学面のうちの少なくとも1つの光学面と、

$0.85 < h/\phi < 1.2$  ……(2)

となる光学面のうちの少なくとも1つの光学面と、をそれぞれ非球面に形成したことを特徴とする反射屈折光学系である。

【0010】この構成により、少なくとも2面の非球面

が最適な場所に採用されるから、良好な結像性能を維持しながら光学系の小型化とレンズ枚数の削減を実現することができる。なお前記の反射面は、凹面鏡に至る往路の光束と凹面鏡からの復路の光束とを分離するものである。したがってこの反射面によって両光束が分離されるためには、物体面及び像面での使用領域は一定の光線高を持った領域となり、物体高及び像高がゼロの領域は使用領域とはならない。「第1面上の光軸上の点から発すると仮定した最大開口数の光線」とは、実際にはそのような光線は本光学系では使用されない、という意味である。

【0011】一般的にいて、光学系の非球面の効果というものは、単能的であり、また適用場所の選択も非常に重要である。つまり、単能的であることから、1種類の収差の補正には有効であるが、それ以外の収差の補正にはほとんど役に立たず、また適用する場合、使い方を誤ったりその適用場所の選択を誤ると、効果が半減したり逆に加えて障害となることが多い。

【0012】そこで先ず、軸外収差、特に軸外の基本的収差である歪曲収差の補正については、物体面または像面付近に、歪曲収差を補正する効果のある非球面を配置することで、他の収差、例えば球面収差やコマ収差にはほとんど影響を与えずに、歪曲収差だけを補正することができる。これは、物体面や像面付近では光束が収斂しているために、その付近に非球面を配置しても、球面収差やコマ収差は非球面の影響を受けにくいことから言えることである。ただし非点収差に関しては、像面からのずれに関する収差であるため、歪曲収差ほどではないにしても、部分的に一部影響を受ける。通常の光学系では、物体面および像面の付近には、このような軸外収差の補正を目的とした非球面を配置することは困難である。そこで軸外収差の補正を目的とした非球面は、できる限り物体面または像面に近く、かつ開口絞り付近からは遠い場所に配置されることが多い。しかるに本発明の反射屈折光学系では、中間像があるために、軸上収差の補正を目的とした非球面を中間像付近に配置することができる。したがって、非常に効果的に非球面の効果を引き出すことができるのである。前記の条件式(1)は、軸外収差の補正を目的とした非球面の最も適切な配置位置を規定するものである。条件式(1)の上限を越えると、物体を発する光線の高さと、その光線が非球面を通過するときの高さとの対応関係が希薄になるから、軸外の収差だけを良好に補正することが困難になる。

【0013】次に、軸上収差、特に軸上の基本的収差である球面収差の補正については、開口絞り付近に、球面収差だけを補正する効果のある形状の非球面を配置することで、他の軸外収差、例えば非点収差や歪曲収差にはほとんど影響を与えずに、球面収差だけを補正することができる。これは、開口絞り付近では光束の主光線は光軸付近を通るから、開口絞り付近に非球面を配置して

も、非点収差や歪曲収差は非球面の影響を受けにくいことからとも言えることである。ただしコマ収差に関しては、レンズの開口の大きさに関係する収差であるため、球面収差ほどではないにしても部分的に一部影響を受ける。本発明の反射屈折光学系では、開口絞りを第2結像光学系に配置しているため、開口絞りの付近に軸上収差の補正を目的とした非球面を置くことができ、非常に効果的に非球面の効果を引き出すことができる。但し、軸上収差の補正を目的とした非球面は、第1結像光学系の凹面鏡付近に配置しても、同じような効果がある。そこで、開口絞りなどの機械的制約等により、開口絞り付近に非球面を置きたくない場合には、第1結像光学系の凹面鏡付近に、軸上収差の補正を目的とした非球面を配置しても良い。このように、凹面鏡付近に軸上収差の補正を目的とした非球面を置く場合には、光束はこの非球面を往復2回通過するから、非球面の効果はその面形状の変化に対して2倍の影響を与えることに注意しておかなければならない。前記の条件式(2)は、軸上収差の補正を目的とした非球面の最も適切な配置位置を規定するものである。条件式(2)の下限を越えると、物体を発する光線の角度、すなわち開口数と、その光線が非球面を通過するときの高さとの対応関係が希薄になるから、軸上の収差だけを良好に補正することが困難になる。逆に条件式(2)の上限を越えると、レンズ径が過大に大きくなるから、本発明の目的に反することとなる。

【0014】以上のように本発明では、それぞれの目的に合った場所の少なくとも2箇所に、それぞれの目的に合った形状の非球面を配置することにより、軸外収差の代表とも言うべき歪曲収差と、軸上収差の代表とも言うべき球面収差の両者について、同時に補正することができることとなる。しかもそれらの非球面は、通常の非球面結像光学系にありがちな他の収差への影響を与えずに、必要な収差のみを補正し、他の収差補正への悪影響をほとんど及ぼさないのである。その結果、以下の実施例にも示されるように、レンズ枚数が大幅に削減され、劇的に小型の光学系を得ることができる。すなわち本発明によれば、最小の面数の非球面要素を使いながら、最大の効果を得ることができるのである。

【0015】もちろん、さらに追加非球面を適用し、他のコマ収差や非点収差のような残存収差を補正することも有効である。この場合、既に軸外と軸上に関する主要な収差が補正されているから、他の収差は比較的簡単に補正することができる。また、さらに非球面を追加して使用することにより、さらに小型で、レンズ枚数の少ない光学系を達成することも可能である。なお、軸外収差の補正を目的とした非球面と、軸上収差の補正を目的とした非球面は、独立した1個の非球面レンズや非球面凹面鏡であっても良く、また付近に配置したプリズムの端面や反射面、平面鏡の反射面、あるいは平行平板の面を非球面に加工したものでも良い。また、非球面の形状

は、回転対称非球面、トーリック非球面、完全非対称非球面などのいずれでも良い。

#### 【0016】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図面によって説明する。図1は本発明による反射屈折光学系の概略の構成を示し、この光学系は、第1面であるレチクルR上の回路パターンを、第2面である半導体ウエハW上に縮小転写する投影光学系に本発明を適用したものである。この投影光学系は、レチクルR上のパターンの中間像を形成する第1結像光学系Aと、中間像の再結像をウエハW上に形成する第2結像光学系Bとからなる。第1結像光学系Aは凹面鏡 $M_C$ を有し、第2結像光学系Bは開口絞りASを有する。中間像の近傍には、第1結像光学系Aからの光束を第2結像光学系Bへ導くように、光軸 $z$ を $90^\circ$ 折り曲げる第1の反射面 $M_{P1}$ が設けられている。また、第1の反射面 $M_{P1}$ と開口絞りASとの間には、レチクルR上での光軸 $z$ とウエハW上での光軸 $z$ が平行となるように、光軸 $z$ を更に $90^\circ$ 折り曲げる第2の反射面 $M_{P2}$ が設けられている。但し、第2の反射面 $M_{P2}$ は設けなくとも良い。

【0017】この投影光学系は、凹面鏡 $M_C$ に至る光束と凹面鏡 $M_C$ からの光束とを第1の反射面 $M_{P1}$ によって分離しており、したがってレチクルR上及びウエハW上で光軸 $z$ を含む領域は使用領域とはならない。すなわち、光軸 $z$ を含まないスリット状の領域がレチクルRの照明領域 $R_0$ となり、且つウエハWの露光領域 $W_0$ となっている。そしてスリット状の使用領域をスリットの短手 $w$ 方向に走査することにより、走査方向に長い範囲のレチクルパターンの像をウエハW上に転写するものである。なお、スリットの形状は、必ずしも長さ $d$ 、幅 $w$ の長方形である必要はなく、任意の直線又は曲線、例えば円弧を、走査方向に幅 $w$ だけ移動したときに塗りつぶされる領域の形状とすることができる。

【0018】図2、図5及び図8は、それぞれ第1、第2及び第3実施例の反射屈折光学系を示す。各図において、\*印が非球面を表す。各実施例とも、第1結像光学系Aは、7枚のレンズ $L_1 \sim L_7$ と凹面鏡 $M_C$ からなり、レンズ $L_1$ とレンズ $L_2$ の間に第1の反射面 $M_{P1}$ が設けられており、したがってレンズ $L_2 \sim L_7$ が往復光学系となっている。また第2結像光学系Bは、第1実施例と第2実施例では7枚のレンズ $L_8 \sim L_{14}$ からなり、第3実施例では6枚のレンズ $L_8 \sim L_{13}$ からなる。すなわちいずれの実施例も、使用レンズも枚数が極めて少ない。各実施例に共通の主要諸元は次の通りである。

最大物体高： 52.8

照明領域：  $d=45$ 、 $w=16$ の矩形

結像倍率： 1/4

像側最大開口数：0.6

【0019】第1実施例では、第2の反射面 $M_{P2}$ を構成するプリズムの入射端面 $r_{31}$ と、レンズ $L_9$ の入射側レ

レンズ面 $r_{36}$ が非球面であり、前者 $r_{31}$ が軸外収差の補正を目的とした非球面であり、後者 $r_{36}$ が軸上収差の補正を目的とした非球面である。第2実施例では、レンズ $L_8$ の入射側レンズ面 $r_{30}$ と、レンズ $L_{11}$ の入射側レンズ面 $r_{37}$ が非球面であり、前者 $r_{30}$ が軸外収差の補正を目的とした非球面であり、後者 $r_{37}$ が軸上収差の補正を目的とした非球面である。第3実施例では、レンズ $L_1$ の入射側レンズ面 $r_1$ と、レンズ $L_{10}$ の射出側レンズ面 $r_{40}$ が非球面であり、前者 $r_1$ が軸外収差の補正を目的とした非球面であり、後者 $r_{40}$ が軸上収差の補正を目的とした非球面である。

【0020】以下の表1～表3に、それぞれ第1～第3

$$z(y) = \frac{y^2/r}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa)y^2/r^2}} + Ay^4 + By^6 + Cy^8 + Dy^{10}$$

y：光軸からの高さ

z：接平面から非球面までの光軸方向の距離

r：頂点曲率半径

$\kappa$ ：円錐係数

A、B、C、D：非球面係数

によって表わしており、[非球面データ]に円錐係数 $\kappa$

[主要諸元]

最大レンズ径： 200

設計波長： 193.3nm (ArFレーザー光)

SiO<sub>2</sub>屈折率： 1.56033

[光学部材諸元]

No	r	d	
0	$\infty$	60.294148	R
1	-1535.67795	20.000000	L <sub>1</sub>
2	1449.97750	62.130010	
3	280.00112	30.000000	L <sub>2</sub>
4	-446.77307	0.081000	
5	230.54021	30.000000	L <sub>3</sub>
6	550.13665	58.696803	
7	-203.01616	30.000000	L <sub>4</sub>
8	-214.14255	12.248489	
9	-955.77641	11.809800	L <sub>5</sub>
10	133.34638	270.558687	
11	403.87615	40.000000	L <sub>6</sub>
12	-437.12875	101.737925	
13	-215.39528	12.000000	L <sub>7</sub>
14	639.98880	31.071393	
15	-318.25906	-31.071393	M <sub>c</sub>
16	639.98880	-12.000000	L <sub>7</sub>
17	-215.39528	-101.737925	
18	-437.12875	-40.000000	L <sub>6</sub>
19	403.87615	-270.558687	
20	133.34638	-11.809800	L <sub>5</sub>
21	-955.77641	-12.248489	
22	-214.14255	-30.000000	L <sub>4</sub>

実施例の諸元を示す。各表の[光学部材諸元]中、第1欄NoはレチクルR側からの各光学面の番号、第2欄rは各光学面の曲率半径、第3欄dは各光学面から次の光学面までの光軸上の間隔、第4欄は各光学面又は光学部材の番号を示す。なお第3欄dは、1回反射するたびに符号を反転して表示している。各実施例とも、すべてのレンズとすべてのプリズムの硝材は合成石英(SiO<sub>2</sub>)である。

【0021】また第1欄中\*印を付した光学面は非球面を示し、非球面についての第2欄rは、頂点曲率半径である。非球面の形状は、

と非球面係数A、B、C、Dを示した。また、各表の[条件式対応値]に、各実施例について、条件式(1)、(2)中のパラメータh/φの値を示す。

【0022】

【表1】

23	-203.01616	-58.696803	
24	550.13665	-30.000000	$L_3$
25	230.54021	-0.081000	
26	-446.77307	-30.000000	$L_2$
27	280.00112	-2.000000	
28	$\infty$	0.000000	$P_1$
29	$\infty$	75.000000	$P_1 \quad M_{P1}$
30	$\infty$	100.000000	
*31	$\infty$	80.000000	$P_2$
32	$\infty$	-30.000000	$P_2 \quad M_{P2}$
33	$\infty$	-124.150437	
34	438.80649	-20.000000	$L_8$
35	263.16854	-396.697269	
*36	-230.13518	-40.000000	$L_9$
37	814.05788	-3.000000	
38	$\infty$	-7.000000	$L_{10}$
39	$\infty$	-5.000000	
40	-	-5.000000	A S
41	-219.51520	-25.000000	$L_{11}$
42	-379.76247	-92.397952	
43	-151.54127	-35.000000	$L_{12}$
44	1059.58854	-0.100000	
45	-295.55283	-15.000000	$L_{13}$
46	-91.33043	-3.000000	
47	-80.70974	-53.946695	$L_{14}$
48	772.99694	-15.000000	
49	$\infty$		W

## 〔非球面データ〕

No=31	$\kappa=0.0$	$A=-0.145731 \times 10^{-7}$	$B=-0.199536 \times 10^{-12}$
		$C=-0.410879 \times 10^{-17}$	$D=-0.893412 \times 10^{-22}$
No=36	$\kappa=0.0$	$A=0.923179 \times 10^{-8}$	$B=0.137515 \times 10^{-12}$
		$C=0.105395 \times 10^{-17}$	$D=-0.577786 \times 10^{-23}$

## 〔条件式対応値〕

No=31:  $h/\phi=0.247$ No=36:  $h/\phi=1.06$ 

【0023】

【表2】

## 〔主要諸元〕

最大レンズ径: 203

設計波長: 193.3nm (ArFレーザー光)

SiO<sub>2</sub>屈折率: 1.56033

## 〔光学部材諸元〕

No	r	d	
0	$\infty$	60.000000	R
1	-135.08483	20.000000	$L_1$
2	-144.69488	19.177067	
3	2682.45981	30.000000	$L_2$
4	-672.01329	0.081000	
5	212.44717	30.000000	$L_3$
6	490.44519	259.743260	
7	-219.62863	30.000000	$L_4$



8	-131.45211	0.999335	
9	-129.09721	11.809800	$L_5$
10	6031.32857	122.360511	
11	475.14499	40.000000	$L_6$
12	-1424.45865	65.677735	
13	-233.33359	12.000000	$L_7$
14	8563.54526	44.093181	
15	-323.42545	-44.093181	$M_6$
16	8563.54521	-12.000000	$L_7$
17	-233.33359	-65.677735	
18	-1424.45865	-40.000000	$L_6$
19	475.14499	-122.360511	
20	6031.32857	-11.809800	$L_5$
21	-129.09721	-0.999335	
22	-131.45211	-30.000000	$L_4$
23	-219.62863	-259.743260	
24	490.44519	-30.000000	$L_3$
25	212.44717	-0.081000	
26	-672.01329	-30.000000	$L_2$
27	2682.45981	-2.000000	
28	$\infty$	350.000000	$M_{P1}$
29	$\infty$	-127.144770	$M_{P2}$
*30	1265.63351	-20.000000	$L_8$
31	408.37355	-345.780841	
32	-252.73915	-39.460139	$L_9$
33	624.67553	-3.000000	
34	$\infty$	-7.000000	$L_{10}$
35	$\infty$	-5.000000	
36	—	-5.000000	A S
*37	-395.20617	-25.000000	$L_{11}$
38	-961.87755	-104.427799	
39	-213.90964	-35.000000	$L_{12}$
40	525.59659	-0.100000	
41	-191.38031	-15.000000	$L_{13}$
42	-55.73158	-3.000000	
43	-56.54191	-63.949341	$L_{14}$
44	772.99694	-15.000000	
45	$\infty$		W
[非球面データ]			
No=30	$\kappa=0.0$	$A=0.835943 \times 10^{-8}$	$B=0.991936 \times 10^{-14}$
		$C=0.122218 \times 10^{-18}$	$D=0.113066 \times 10^{-22}$
No=37	$\kappa=0.0$	$A=0.285566 \times 10^{-7}$	$B=0.752392 \times 10^{-12}$
		$C=0.850071 \times 10^{-17}$	$D=-0.988694 \times 10^{-22}$
[条件式対応値]			
No=30	$h/\phi=0.806$		
No=37	$h/\phi=0.988$		

【0024】

【表3】

[主要諸元]

最大レンズ径： 186

設計波長： 248.4nm (KrFレーザー光)

SiO<sub>2</sub>屈折率: 1.50839

[レンズ諸元]

No	r	d	
0	∞	61.584337	R
*1	226.39961	10.935000	L <sub>1</sub>
2	133.58099	65.542159	
3	1169.30409	30.000000	L <sub>2</sub>
4	-551.89220	0.081000	
5	361.25428	30.000000	L <sub>3</sub>
6	-5943.81418	0.100000	
7	225.16771	30.000000	L <sub>4</sub>
8	682.33656	61.389241	
9	-507.86321	11.809800	L <sub>5</sub>
10	183.65506	185.393182	
11	301.09677	40.000000	L <sub>6</sub>
12	-378.84696	203.117577	
13	-110.24174	12.000000	L <sub>7</sub>
14	-747.82409	20.000000	
15	-267.35110	-20.000000	M <sub>c</sub>
16	-747.82409	-12.000000	L <sub>7</sub>
17	-110.24174	-203.117577	
18	-378.84696	-40.000000	L <sub>6</sub>
19	301.09677	-185.393182	
20	183.65506	-11.809800	L <sub>5</sub>
21	-507.86321	-61.389241	
22	682.33656	-30.000000	L <sub>4</sub>
23	225.16771	-0.100000	
24	-5943.81418	-30.000000	L <sub>3</sub>
25	361.25428	-0.081000	
26	-551.89220	-30.000000	L <sub>2</sub>
27	1169.30409	-2.000000	
28	∞	0.000000	P <sub>1</sub>
29	∞	75.000000	P <sub>1</sub> M <sub>p1</sub>
30	∞	100.000000	
31	∞	75.000000	P <sub>2</sub>
32	∞	-20.000000	P <sub>2</sub> M <sub>p2</sub>
33	∞	-315.366289	
34	-231.46059	-30.000000	L <sub>8</sub>
35	1966.65571	-84.633711	
36	∞	-7.000000	L <sub>9</sub>
37	∞	-5.000000	
38	—	-5.000000	A S
39	-139.80277	-25.000000	L <sub>10</sub>
*40	-262.46968	-80.730669	
41	-109.21668	-35.000000	L <sub>11</sub>
42	1305.58094	-0.100000	
43	-105.84460	-15.000000	L <sub>12</sub>
44	-80.65665	-3.000000	
45	-100.21210	-58.387047	L <sub>13</sub>
46	772.99694	-15.000000	

47	$\infty$	W	
[非球面データ]			
No=1	$\kappa=0.0$	A = $0.115668 \times 10^{-6}$	B = $-0.122080 \times 10^{-11}$
		C = $0.111312 \times 10^{-15}$	D = $-0.863596 \times 10^{-20}$
No=40	$\kappa=0.0$	A = $-0.568027 \times 10^{-7}$	B = $-0.120518 \times 10^{-11}$
		C = $-0.559783 \times 10^{-16}$	D = $-0.842298 \times 10^{-21}$
[条件式対応値]			
No=1	:	$h/\phi=0.131$	
No=40	:	$h/\phi=0.928$	

【0025】図3に第1実施例の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示し、図4に第1実施例の横収差を示す。同様に図6と図7に第2実施例の諸収差を示し、図9と図10に第3実施例の諸収差を示す。各収差図においてNAは像側開口数を表し、Yは像高を表す。また非点収差図中、実線はサジタル像面を表し、点線はメリジオナル像面を表す。各図より明らかなように、各実施例とも優れた結像性能を有することが分かる。

#### 【0026】

【発明の効果】以上のように本発明では、物体から発する光線の高さと、その光線が光学面を通過するときの高さとの対応関係が比較的高い光学面を非球面としているから、球面収差等の軸上収差に影響を与えることなく、歪曲収差等の軸外収差を補正することができる。また、物体から発する光線の開口数と、その光線が光学面を通過するときの高さとの対応関係が比較的高い光学面を非球面としているから、歪曲収差等の軸外収差に影響を与えることなく、球面収差等の軸上収差を補正することができる。したがって本発明により、従来の反射屈折光学系の欠点を解消して、レンズ枚数の少ない、小型で結像性能に優れた光学系を提供することができた。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の概略構成を示す構成図である。

【図2】第1実施例を示す構成図である。

【図3】第1実施例の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図4】第1実施例の横収差を示す図である。

【図5】第2実施例を示す構成図である。

【図6】第2実施例の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図7】第2実施例の横収差を示す図である。

【図8】第3実施例を示す構成図である。

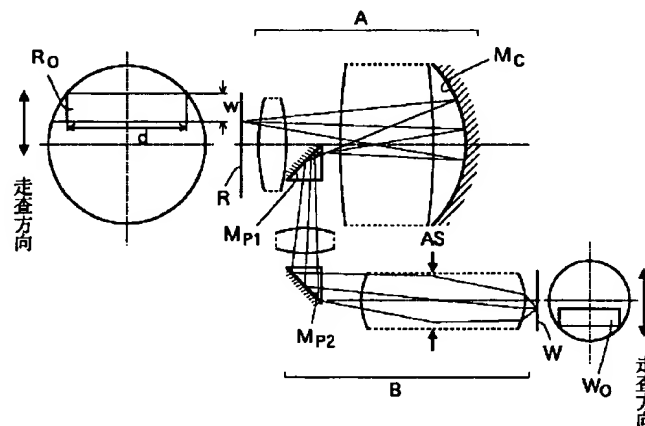
【図9】第3実施例の球面収差、非点収差及び歪曲収差を示す図である。

【図10】第3実施例の横収差を示す図である。

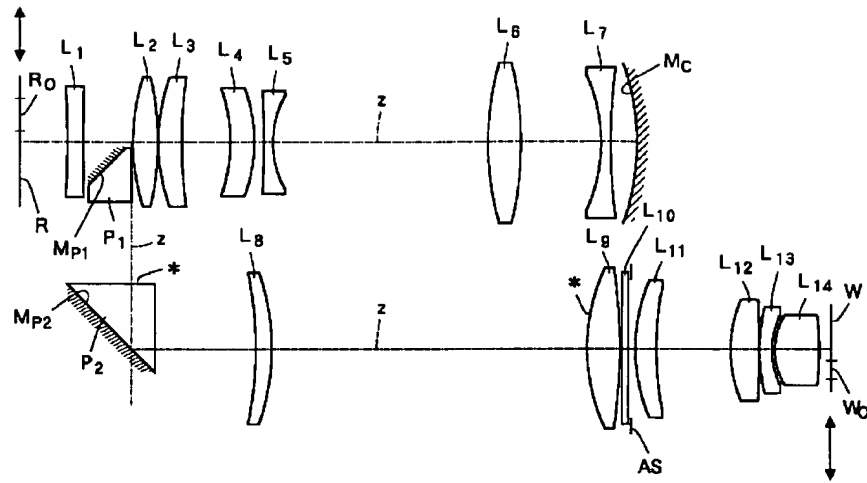
#### 【符号の説明】

A…第1結像光学系	B…第2結像光学系
$L_1 \sim L_{14}$ …レンズ	$M_c$ …凹面鏡
$P_1, P_2$ …プリズム	$M_{P1}, M_{P2}$ …反射面
AS…開口絞り	*…非球面
$R_0$ …照明領域	$W_0$ …露光領域
R…レチクル	W…ウエハ
z…光軸	

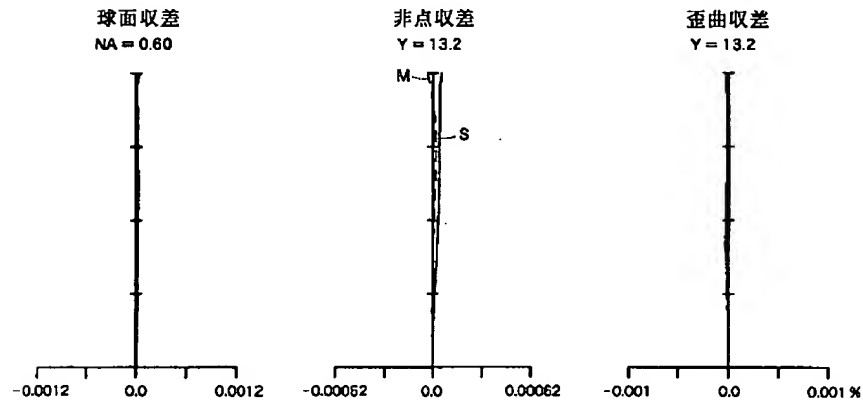
【図1】



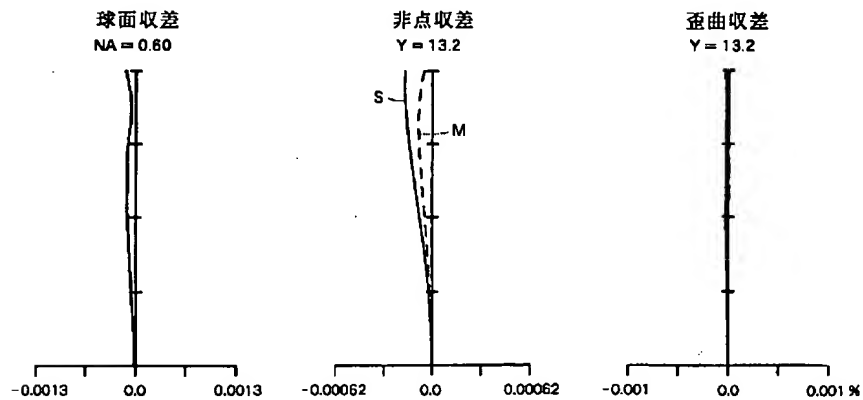
【図2】



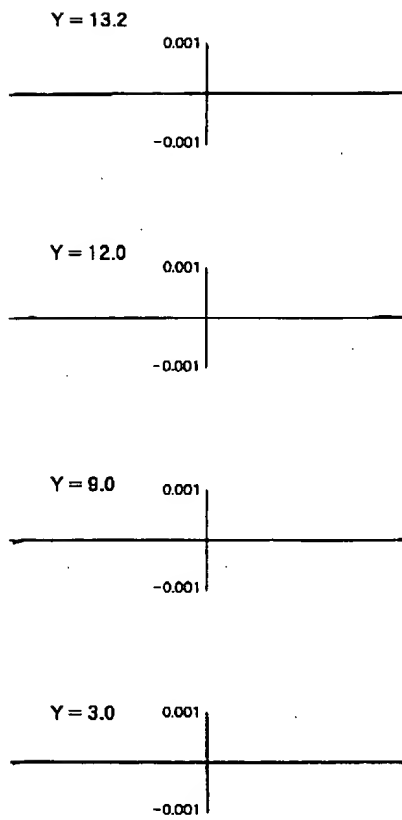
【図3】



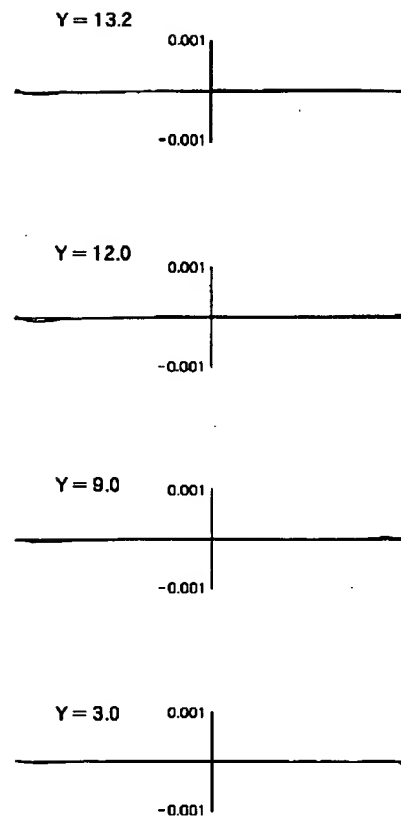
【図6】



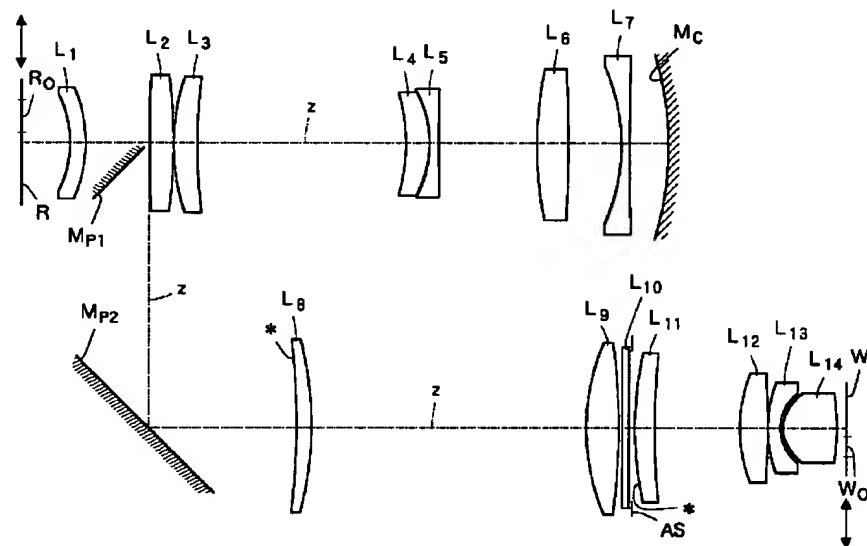
【図4】



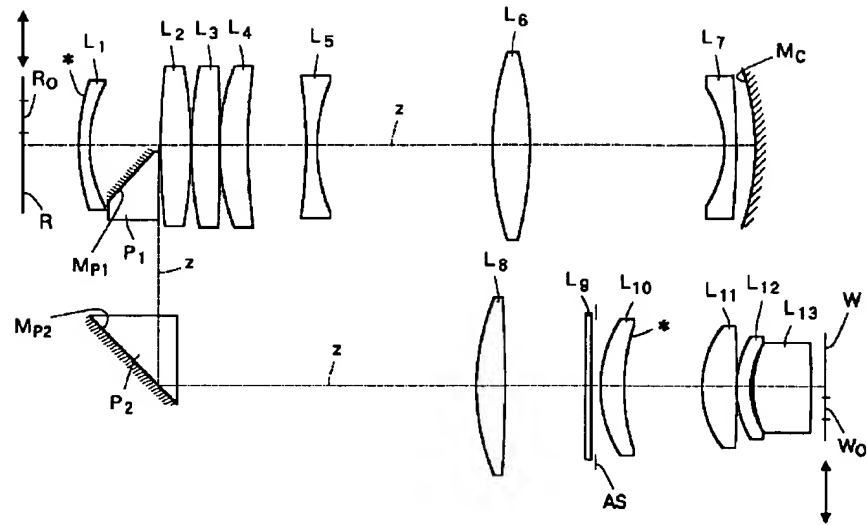
【図7】



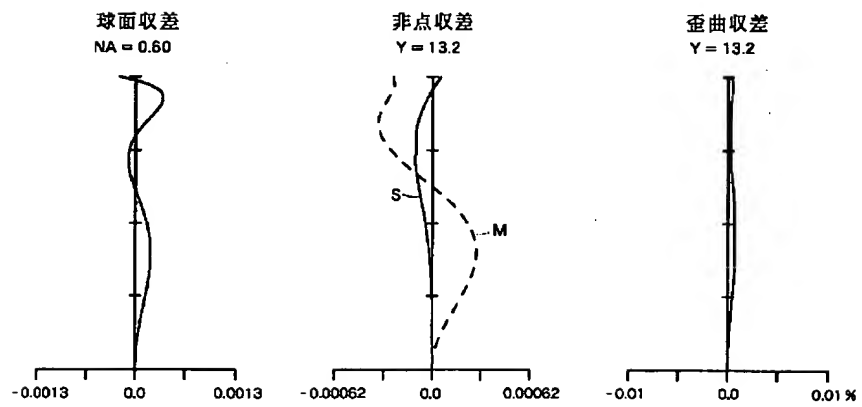
【図5】



【図8】



【図9】



【図10】

